

Viktor Lovrenčić
C&G d.o.o. Ljubljana, Slovenija
viktor.lovrencic@c-g.si

Miran Rošer
Elektro Celje, d. d., Slovenija
miran.roser@elektro-celje.si

Matic Navotnik
TAB Tovarna akumulatorskih baterij d.d., Slovenija
matic.navotnik@tab.si

Matjaž Lušin
C&G d.o.o. Ljubljana, Slovenija
matjaz.lusin@c-g.si

Bojan Slapar
Prinsis d.o.o., Slovenija
bojan.slapar@prinsis.si

Matej Vene
SIPRO INŽENIRING d.o.o., Slovenija
matej.vene@sipro-inzeniring.si

SLOVENSKO ISKUSTVO S INTEGRACIJOM BATERIJSKOG SUSTAVA ZA SKLADIŠTENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U NAPREDNI SUSTAV UPRAVLJANJA DISTRIBUCIJSKOM MREŽOM

SAŽETAK

Distribucije električne energije suočavaju se s izazovima sve većeg regulatornog pritiska i pritiska kupaca za povećanom pouzdanošću i smanjenim emisijama ugljika, usvajanjem distribuirane proizvodnje obnovljivih izvora energije i skladištenja energije, povećanjem vremenskih nepogoda i prekida mreže te neizbježnosti starenja infrastrukture. Masovna primjena obnovljivih izvora energije postala je obvezna. To zahtijeva sustave za skladištenje energije povezane s mrežom kako bi se uravnotežila potreba za proizvodnjom i potrošnjom energije i kako bi se pomoglo samoj stabilnosti mreže. U članku su opisana slovenska iskustva sa integracijom sustava baterijskog skladištenja energije i samoj integraciji u napredni sustav upravljanja distribucijskom mrežom (ADMS) u distribucijskoj mreži Elektra Celje.

Ključne riječi: obnovljivi izvori energije, sustav baterijskog skladištenja energije, BSPEE, ADMS

SLOVENIAN EXPERIENCE WITH THE INTEGRATION OF A BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM IN AN ADVANCED DISTRIBUTION MANAGEMENT SYSTEM

SUMMARY

Electrical energy distribution is facing many challenges, from increasing regulatory and customer pressure for increased reliability and reduced carbon emissions, the adoption of distributed renewable energy generation and energy storage, increasing weather and grid outages, and the inevitability of aging infrastructure. Mass application of renewable energy sources has become mandatory. This requires grid-connected energy storage systems to balance the need for energy production and consumption and to help the stability of the grid itself. The article describes Slovenian experiences with the integration of a Battery Energy Storage System (BESS) and its integration into the Advanced Distribution Management System (ADMS) in the distribution network of Elektro Celje.

Key words: renewable energy sources, battery energy storage system, BESS, ADMS

1. UVOD

Zakonodavstvo EU, uredbe i direktive, neposredno utječu na zakonske i podzakonske akte u Sloveniji i Hrvatskoj na području promicanja uporabe energije iz obnovljivih izvora (Direktiva (EU) 2018/2001) [1] te o energetske učinkovitosti (Direktiva (EU) 2018/2002) [2] odnosno objavljenim paketima propisa na web stranicama Agencije za energiju Republike Slovenije (AGEN-RS) (<https://www.agen-rs.si/zakonodaja>) i HERA (https://www.hera.hr/hr/html/zakonodavstvo_eu.html).

Dinamika promjena zakonodavstva na području elektrike u Sloveniji započela je već 1999. godine kada je prihvaćen prvi Energetski zakon (EZ) [3] kojemu su slijedile brojne promjene i dopune (EZ-1) [4] na području te na području tržišta električne energije [5], promicanja uporabe energije iz obnovljivih izvora [6] i energetske učinkovitosti [7]. Slijedili su operativni podzakonski akti te smjernice, koje je prihvaćala AGEN-RS.

AGEN-RS je zadnjih godina veoma aktivno djelovala na području fleksibilnosti tržišta i opskrbe električnom energijom te u novom aktu o metodologiji za određivanje iznosa tarifnih stavki (slov. omrežnina) [8] predvidjela baterijske spremnike električne energije (slov. hranilnik energije) i značajan utjecaj vršnog opterećenja na trošak mrežarine (po procjenama i do 40% viši troškovi ukoliko veliki kupci zadrže jednak dijagram opterećenja odnosno način rada) – akt će stupiti na snagu 1.1.2024. godine.

Slovensko elektro gospodarstvo, sveučilišta, industrija, trgovci energijom te privatne specijalizirane inovativne tvrtke i pojedine institucije su relativno rano počele s aktivnostima, koje vode k stabilnosti i pouzdanosti te fleksibilnosti energetske sustava uz aktivno uključivane obnovljivih izvora energije (u daljnjem tekstu: OIE).

Uspješno rano uključivanje tih sudionika u natječaje EU fondova. Kao primjer navedimo 7. okvirni program za istraživanje (od 2007.-2013.) (engl. 7th Framework Programme for Research (FP7)) [9] u kojega se je uključila distribucija Elektro Gorenjska d. d. s pilot projektom „TS SUHA“ unutar EU projekta INCREASE (2009.-2013.) [10]. U sklopu projekta INCREASE [10] provedena je praktična demonstracija koordinirane regulacije napona pomoću naprednog upravljačkog algoritma i daljinske regulacije distribucijskog transformatora 400 kVA, 20/0,4 kV opremljenog regulacijskom sklopom [11], [12].

Uz povećanje broja raspršenih izvora električne energije i specifičnosti rada ovih proizvodnih uređaja, distribucijske mreže su suočene i s počecima ugradnje baterijskih spremnika energije, procjenjuju se mogućnosti rada mikromreža te se uz povećanu ulogu potrošača/proizvođača električne energije, već pojavljuju nove energetske usluge. Tako je Elektro Gorenjska s pilot projektom „TS SUHA“ krenula u drugu fazu ugradnjom baterijskih sustava za pohranu električne energije (u daljnjem tekstu: BSPEE) (engl. Battery Energy Storage System (BESS)) u okviru sedmogodišnjeg (2014.-2020.) EU programa za razvoj i inovacije OBZOR2020. (engl. HORIZON2020) [13].

Elektro Gorenjska je sudjelovala kao partner u europskom projektu STORY (2015.-2020.) [14], unutar kojih pruža demonstracijsko okruženje za instalaciju Li-Ion baterija za pohranu energije. Stečeno iskustvo je važno za odluku o ugradnji spremnika i njihovih koristi za distribucije odnosno DSO u budućnosti. Selo Suha kod Kranja u Sloveniji je specifično jer ima relativno velik broj malih sunčanih elektrana (u daljnjem tekstu: SE), sedam (7) SE od 15–50 kW ukupne snage 210 kW (vršno opterećenje u selu je oko 150 kW). Ugrađen BSPEE, snage 170 kW i kapaciteta 450 kWh, u sklopu EU projekta STORY je prvi baterijski spremnik stranog proizvođača ove vrste tehnologije u slovenskoj distribuciji [15]. Kasnije je u suradnji sa tvrtkom NGEN d. o. o. ostvarila ugradnju BSPEE manje snage 18 kW kapaciteta od 28 kWh na lokaciji dviju SE [12].

Slijedilo je više EU projekata u koje su se uključivali ELES, slovenske distribucije, sveučilišta, inovativne tvrtke i drugi. ELES u okviru „Područje za strateške inovacije (PSI)“ je posebno aktivan u okviru brojnih EU projekata. Posebno su značajni (SINCRO.GRID, NEDO, OSMOSE, ONENET, INCIT-EV, BD4NRG, DEFENDER, TDX-ASSIST, FLEXPLAN, INTERFACE, AKTIVNI ODJEMALEC, FUTUREFLOW, MIGRATE, BIOENERGYTRAIN i najnoviji GREENSWITCH) [16]:

- SINCRO.GIRD [17] – projektni partneri (ELES, SODO, HOPS, HEP ODS), okupili su različite tradicionalne i nove pristupe izgradnji pametnih mreža, uključujući ulaganja u infrastrukturu, tehnologije i digitalizaciju. Kako je dokazana usklađenost s politikom Europske unije u području pametnih mreža, projekt je odabran za sufinanciranje 2016. godine na natječaju Instrumenta za povezivanje Europe (engl. The Connecting Europe Facility (CEF)). U sklopu projekta SINCRO.GRID – 1. faza planirana je ugradnja dvaju BSPEE snage 5 MW (ukupnog kapaciteta 25 MWh) unutar postojećih transformatorskih stanica RTP 400/110 kV Okroglo i RTP 110 kV

Pekre. Njihova glavna svrha je povećati fleksibilnost radne snage i time bolje prilagoditi elektroenergetski sustav suvremenim izazovima pogona.

- NEDO [18] – NEDO (2016.–2021.) projekt pametne mreže u kojem su NEDO (Japanska agencija) i njegov ovlaštenu izvođač Hitachi i ELES glavni partneri uz svih pet distribucijskih tvrtki. U okviru projekta su instalirane dvije BSPEE snage 4 MW na lokaciji BTC u Ljubljani (ELES u Ljubljani želi uspostaviti vrlo složeno rješenje sa BSPEE za rješavanje problema s padovima napona velikog industrijskog potrošača AQUAFIL, koji podupire uvođenje naprednih rješenja) te u Idriji snage 1 MW i kapacitete 1,2 MWh u okviru projekta pametni gradovi.
- GreenSwitch [19] - GreenSwitch će optimizirati korištenje postojeće energetske infrastrukture i omogućiti integraciju novih tehnologija i naprednih funkcionalnosti u prijenosne i distribucijske mreže u Austriji, Hrvatskoj i Sloveniji (partneri: ELES, Elektro Celje, Elektro Gorenjska, Elektro Ljubljana, GEN-I, KELAG, HOPS, HEP ODS, HEP).

Budući da je električna energija ultimativni energent suvremenog društva i dostignuća civilizacije, potrebe za električnom energijom će u budućnosti samo rasti. Upravo iz tog razloga obnovljivi izvori energije postaju ključni za zadovoljenje energetske potrebe suvremenog društva i istovremeno osiguranje njegove dugoročne dekarbonizacije. Tehnologije za dobivanje energije iz obnovljivih izvora energije razvijaju se vrlo brzo, što donosi nove mogućnosti i za dekarbonizaciju lokalnih energetske sustava, poput izoliranih naselja ili sela koja nemaju odgovarajuću infrastrukturu za distribuciju električne energije. Uz odgovarajuću politiku, veliki je potencijal energetske zajednice u Sloveniji i drugim okolnim zemljama, kako u gradovima tako u selima. Planirana lokalna energetska zajednica Luče uključuje veliki udio obnovljivih izvora energije. Projekt Compile [20] u selu Luče, kao i projekt u Idriji (NEDO) podržava te ciljeve, koji će povećati samodostatnost i pouzdanost opskrbe energijom, dobrim dijelom iz obnovljivih izvora u lokalnim energetske sustavima. PETROL kao nosilac tog EU projekta OBZOR2020 je tako realizirao prvu lokalnu energetska zajednica s obnovljivim izvorima energije do fleksibilnog i konkurentnog energetske sustava.

Primjer privatne inicijative na području BSPEE u Sloveniji je prisutna na nivou specijaliziranih tvrtki i investitora (npr. NGEN) te u procesnoj industriji. Trenutno je više aktualnih projekata BSPEE u Sloveniji. Tvrtka NGEN iz Žirovnice je vodeća slovenska tvrtka kao investitor i ponuđač usluga na tržištu energije, trenutno ima dvije velike BSPEE na području Slovenska industrija jekla (SIJ), Acroni u Jesenicama od 12 MW (kapacitet 22 MWh) i u Talumu, Kidričevo, 15 MW (kapacitet 30 MWh). NGEN postavlja treću veliku BSPEE u Sloveniji, koja će biti veća od prve dvije. S partnerima gradi BSPEE u Hrvatskoj, a s austrijskim partnerom u Klagenfurtu. Već su potpisali ugovor o projektu u Mađarskoj. Tvrtka je povećala u samo dvije godine ponudu na 60 MW u pozitivnom i negativnom smjeru. Do kraja 2024. godine namjeravaju osigurati više od 500 MWh rezervi sa BSPEE, što će omogućiti nesmetan rad mreže i pomoći u prelasku na proizvodnju električne energije iz OIE. Osim uređaja za pohranjivanje električne energije, portfelj stalno proširuju raznim OIE.

Zaključimo uvod informacijom o ugradnji prve BSPEE, koja je rezultat slovenskog znanja i suradnje investitora Elektro Celje i izvođača C&G d.o.o. Ljubljana u suradnji sa partnerima SIPRO inženjering d.o.o., Prinsis d.o.o. i TAB Tovarna akumulatorskih baterij d.d.. Razvojni pilot projekt AMBER je aktivan od listopada 2021. godine na lokaciji TP Gimnazija u Velenju.

U stručnim hrvatskim udrugama CIRED i CIGRE se već više godina vodi rasprava o uporabi novih tehnologija skladištenje električne energije i tehnoloških rješenja BSPEE [21] - [26].

2. Razvojni pilot projekt AMBER u Elektro Celje [27], [28]

Dobra praksa distribucije Elektro Celje u području poslovanja i osiguravanja pouzdanog napajanja mreže obično uključuje povećanje kapaciteta mreže izgradnjom novih vodova, kabliranjem mreže, održavanjem dalekovoda, postavljanjem novih sklopnih elemenata u ključne točke mreže itd. U posljednje vrijeme, međutim, sa sve širim uvođenjem digitalizacije i novim istraživačkim projektima, postavlja se pitanje mogu li se slični učinci postići i mjerama u konceptu naprednih mreža, koje mogu biti popraćene nižim troškovima implementacije. Projektom AMBER (engl. Advanced Modular Battery Energy) i tehnologijom baterijskog skladištenja energije Elektro Celje testirati mogućnost smanjenja vršnih opterećenja, budući da su svjesni da će baterijsko skladištenje uskoro masovno prodrijeti na tržište sistemskih usluga. Elektro Celje vjeruje da je uključivanje i zajedničko testiranje novih tehnologija snažan alat za nadzor i upravljanje distribucijskom mrežom, kao što su ADMS (engl. Advanced Distribution Management System) [27].

AMBER modularni BSPEE je dizajniran s najnovijom tehnologijom baterija, sustavom upravljanja baterijama (engl. Battery Monitoring System (BMS)), invertera i naprednih sustava upravljanja, koja podržava učinkovit rad OIE, distribucijske mreže, industrijskih potrošača i mikro mreža, a može poslužiti i kao potpora regulaciji frekvencije, napona ili kvalitete električne energije.

Razvojno inovativni projekt AMBER bavi se naprednom uporabom baterijskog skladištenja električne energije integriranog u distribucijsku mrežu naručitelja Elektre Celje, izravno za poboljšanje pogona, fleksibilnosti i pouzdanosti opskrbe.

Elektro Celje je vodeći partner na projektu koji organizira i koordinira planiranje, provedbu i druge aktivnosti. Elektro Celje zajedno s projektnim partnerom C&G je uključio BSPEE u elektroenergetsku mrežu, izvršila integraciju, pilot testove i analizu dobivenih podataka.

Tvrtka C&G je zajedno s partnerima TAB, Prinsis i Sipro Inženjering razvila sustav baterija AMBER. U sklopu projekta razvijeni su softverski servisi, nadzor i sustav upravljanja BSPEE u svrhu ispitivanja fleksibilnosti sustava i osiguravanja kvalitetnije opskrbe u lokalnoj mreži. U sklopu naprednih integracija C&G je razvio i implementirao softversko sučelje koje će Elektri Celje omogućiti integraciju, daljinsku kontrolu i upravljanje BSPEE pomoću naprednog ADMS sustava iz distribucijskog centra za upravljanje [27].

U projektu AMBER, osim testiranja sniženja vršnog opterećenja je testiranje integracije podataka između BSPEE i naprednog ADMS sustava za potrebe pokretanja aktivacije fleksibilnosti.

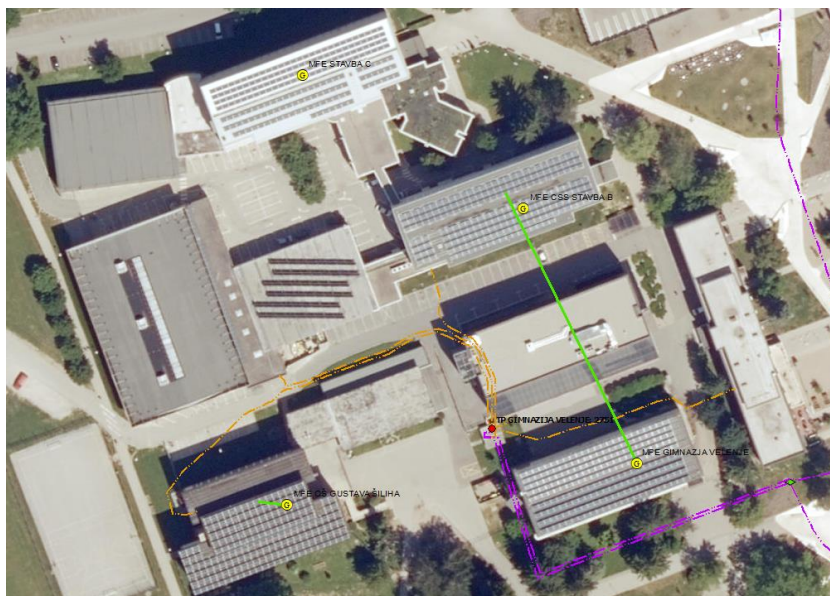
Sustav ADMS omogućuje distribucijskim operatorima ključnu ulogu u uvođenju BSPEE tehnologije na tržište fleksibilnosti na kojem će elektrooperatori morati sudjelovati u budućnosti, jer to nalažu trenutno važeće EU direktive koje su već u procesu usvajanja u slovensko zakonodavstvo o električnoj energiji [27].

U distribucijskom poduzeću Elektro Celje baterijski sustav AMBER fizički je instaliran u neposrednoj blizini trafostanice (TP) Gimnazije Velenje (Slika 1).



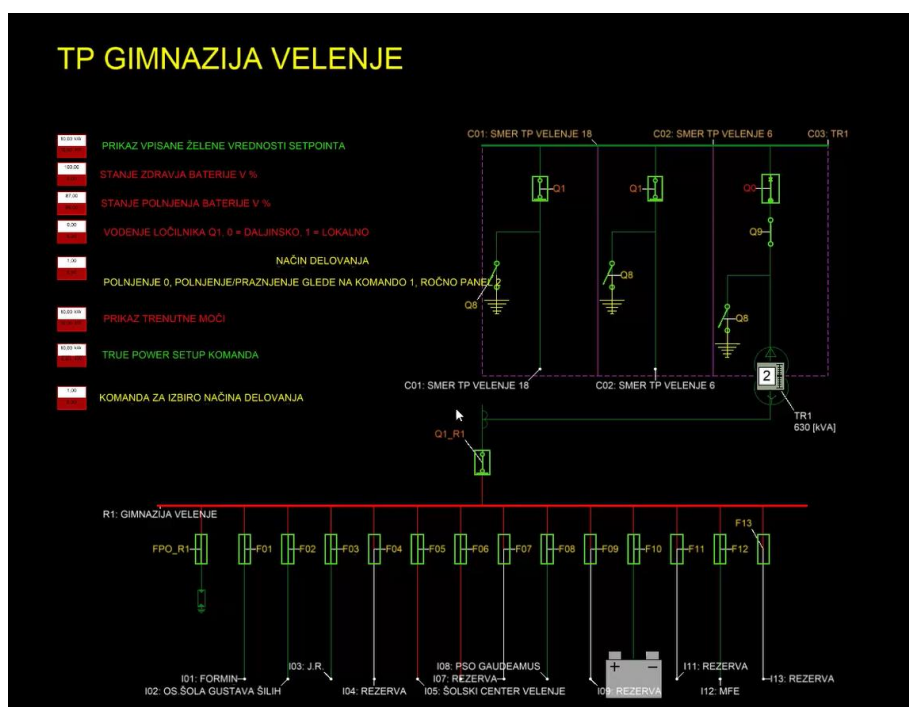
Slika 1. TP Gimnazija Velenje i ugrađen baterijski sustav AMBER

Ispitni poligon na kojem se razvojni pilot projekt AMBER odvija je u TP Gimnazija u Velenju. Ugrađen je baterijski sustav LFP 80 kWh (409,6 V, 200 Ah) s pretvaračem 40 kVA i rastavnim mjestom 40 kVA s ugrađenim sučeljem čovjek-stroj (engl. Human Machine Interface (HMI)) i programskom opremom za upravljanje BSPEE, koji sadrži online sučelje.



Slika 2. TP Gimnazija Velenje i zgrade s fotonaponskim sustavima

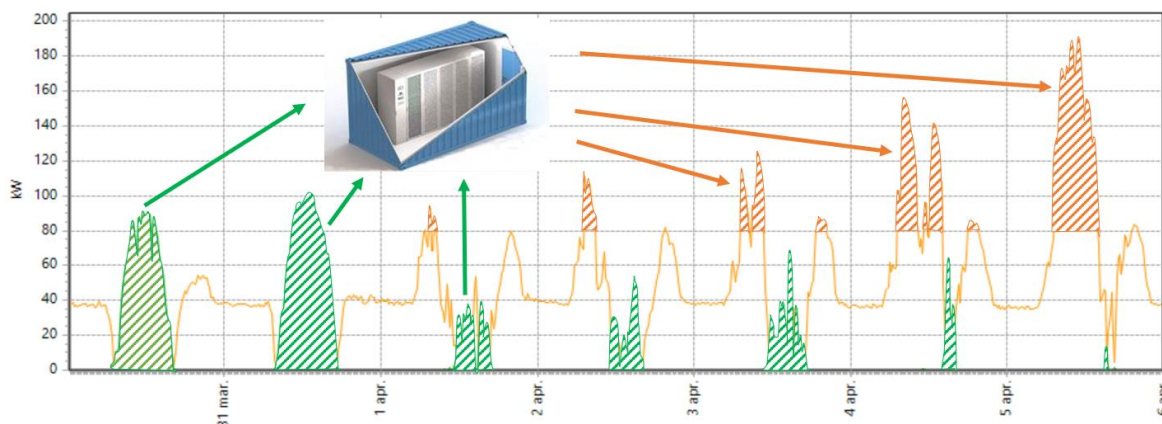
Sustav AMBER spojen je izravno na niskonaponske sabirnice TP Gimnazija te je integriran u ADMS sustav distribucije Elektro Celje prvenstveno s ciljem korištenja nadređenih funkcija ADMS sustava (Slika 3).



Slika 3. ADMS prozor za upravljanje TP Gimnazija i upravljanje sustavom AMBER

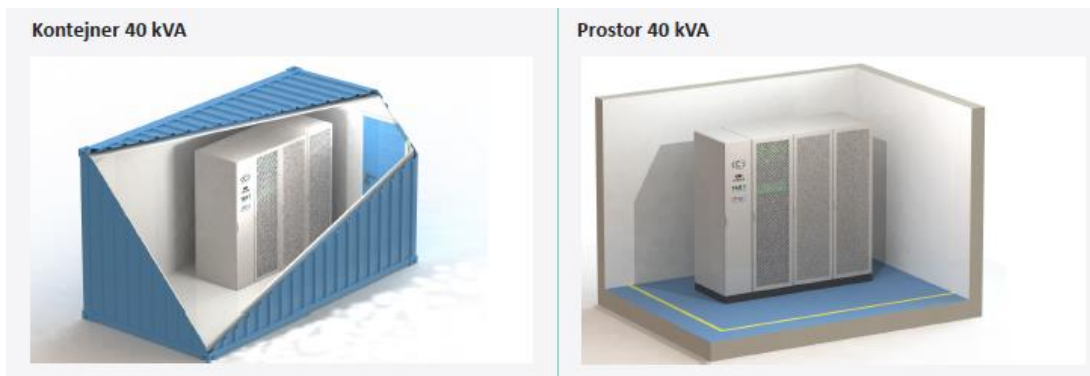
Iz niskonaponske mreže (NN) koju napaja TP Gimnazija napaja se i centar srednjih škola za vrijeme preostale potrošnje. Potonji predstavlja većeg kupca koji može isporučivati električnu energiju u mrežu uz pomoć SE postavljenih na zgradama (MFE CSS Stavba B, MFE Stavba C, MFE Gimnazija Velenje (Modra sončna elektrana Gimnazija Velenje)). Školski centar predstavlja relativno specifičnu potrošnju, jer se većina električne energije troši u jutarnjim satima ili kasno poslijepodne. Potrošnja stoga nije uglavnom raspoređena u vrijeme kada SE proizvode najveću snagu. To znači da proizvodnja električne energije iz SE može uzrokovati vršnu snagu u distribucijskom sustavu. Za niskonaponsku mrežu vršna opterećenja znače veća toplinska opterećenja transformatora i spojnih vodova te uzrokuju veće gubitke u distribuciji i veće padove napona duž vodova.

Pomoću sustava AMBER moguće je povećati i poboljšati učinkovitost korištenja električne energije te utjecati na vršnu snagu u niskonaponskoj mreži. Sustav AMBER ima integrirano baterijsko pohranjivanje električne energije (BSPEE) koje omogućuje i pohranu i prijenos električne energije. Jedan od ciljeva korištenja AMBER sustava je upravljanje vršnom snagom upravljanjem AMBER-a sustavom putem ADMS (Slika 4).



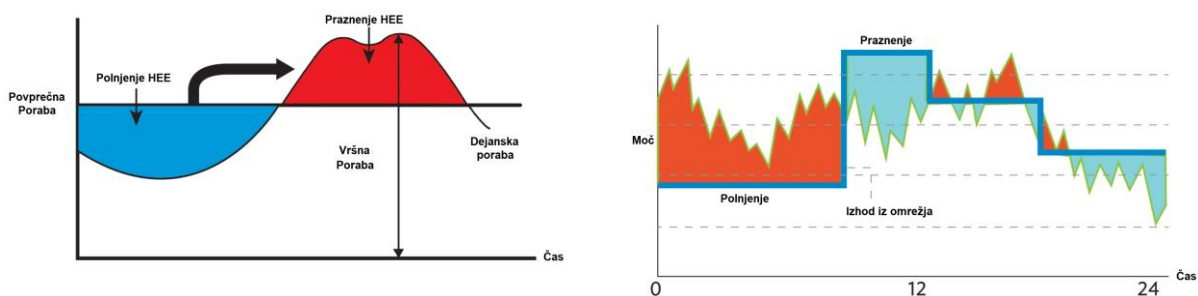
Slika 4. Smanjenje vršne snage iznad 80 kW pomoću AMBER-a

AMBER omogućuje učinkovit pogon s obnovljivim izvorima energije u distribucijskim mrežama, industrijskim okruženjima i mikro mrežama. Može se koristiti i kao podrška u regulaciji frekvencije i napona, odnosno za usklađivanje kvalitete električne energije u distribucijskoj mreži. Riječ je o modularnom sistemu koji se temelji na jednoj jedinici sa kapacitetom baterije od 5,1 kWh i pretvornikom snage od 20 kVA. Na jednu upravljačku jedinicu se može povezati 32 modula, što znači ukupnu snagu od 640 kVA. Preporučeni paketi su (Slika 5) 40 kVA 100 Ah ili 160 kVA, 400 Ah [28].



Slika 5. Smještaj u prostor (kontejner) AMBER snage 40 kVA

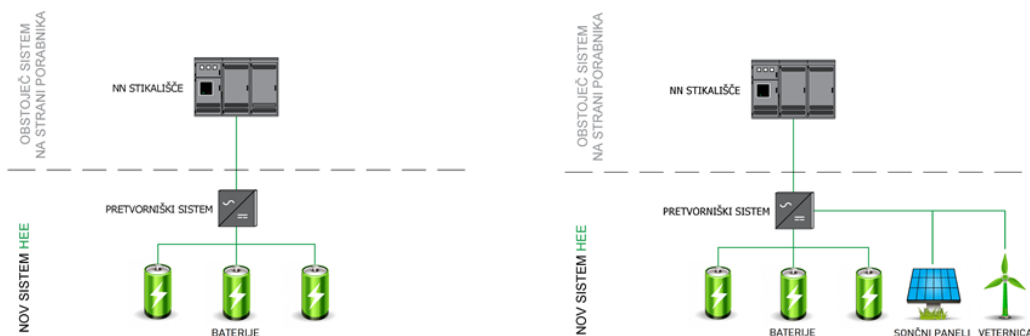
Rezanje vršnog opterećenja (Slika 6) smanjuje potrebnu opskrbu energijom kada je mreža preopterećena. Za rad je potreban sustav upravljanja energijom (engl. Energy Management System (EMS)), koji analizira dnevni dijagram snage. Na temelju toga uređaj za skladištenje baterije emitira ili pohranjuje električnu energiju [28].



Slika 6. Rezanje vršnog opterećenja i balansiranje opterećenja

Balansiranje opterećenja je vrsta rezanja vršnog opterećenja koje aktivno prati i regulira konstantno opterećenje mreže bez promjena na opskrboj strani mreže. Profil snage potrošača uvijek je isti, osim što se razlika u snazi napaja iz AMBER-a.

Na slici 7. prikazana su dva načina priključka na niskonaponsku mrežu distribucije [28].



Slika 7. Načini priključka na niskonaponsku mrežu distribucije

3. Elementi baterijskog sustava AMBER [28]

3.1. Baterije

Baterijski blok je sastavljen baterijama od litij-željezo-fosfata (LiFePO₄) i obično se ugrađuje u samostojeći sistemski ormar, koji je također opremljen priključnim stezaljkama za napajanje i signale te unutarnjim zaštitnim blokom (kontaktor, glavni osigurači, strujni šant, ...), kojim upravlja centralni BMS modul koji jamči dodatnu razinu sigurnosti pogona (Slika 8).



Slika 8. Baterijski blok LiFePO₄

Baterijski sustav AMBER koristi LiFePO4 tehnologiju, koja se smatra jednom od najsigurnijih tehnologija na tržištu Li-Ion ćelija, koja omogućuje dinamičan rad te omogućuje brzo punjenje i pražnjenje. Prednost LiFePO4 je otpornost na visoke temperature, dobra zaštita od požara (toplinska razina iznad 250°C) i veliki broj ciklusa, što produljuje vijek trajanja baterije. Baterija se sastoji od osam baterijskih modula nominalnog napona 51,2V (16 ćelija po 3,2 V). To znači da je nominalni napon cijelog sustava 409,6 V (8 blokova, 8 x 16 = 128 ćelija), kojim upravlja BMS, koji komunicira putem CAN/RS485 s pretvaračima. Vrlo je fleksibilan sa stajališta uporabe i jednostavan za izgradnju modularnog sustava baterija i pretvarača. Zato ga je poželjno uključiti u potporu elektroenergetskog sustava, budući da je proširenje sustava vrlo jednostavno, ovisno o kapacitetu ili naponu sustava.

3.2. Arhitektura sustava Amber

Osnovna sastavna jedinica sustava Amber je pretvarački modul Hercules snage 20 kVA/kW. Hercules je obitelj modularnih AC/DC sustava (Slika 9) za pretvorbu energije prikladnih za korištenje s niskonaponskim baterijama (400 V=). Uz paralelno dodavanje modula moguće je postići ukupnu snagu od 640 kW, što znači 32 pretvarača paralelno. Hercules modul je dizajniran s dva odnosno tri dvosmjerna pretvarača unutar modula sa zajedničkom DC sabirnicom, pomoću koje se može vršiti pretvorba i protok energije između dva izvora napona i, po izboru s varijantom neprekidnog napajanja, jednim izlazom za kritične potrošače (AC mreža 400 V, baterija 400 V, AC izlaz 400 V).

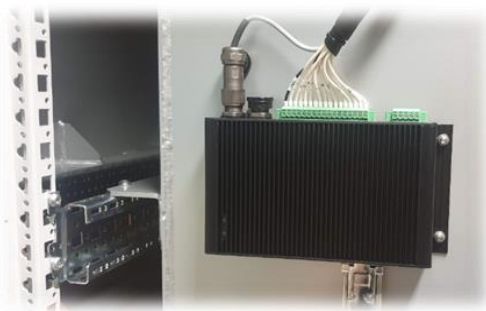


Slika 9. Hercules 19" pretvarački modul

Hercules uključuje ugrađeni sustav upravljanja baterijama (BMS) te je kompatibilan s Li-Ion baterijama, koje pružaju odgovarajuću prilagodbu softverskog sučelja za određeni BMS, npr. oslanjajući se na postojeći CANBUS. Također je namijenjen za komunikaciju sa sustavima za upravljanje energijom EMS koji osiguravaju odgovarajući softver prilagodbe sučelja za određeni EMS.

Sustav upravljanja baterijom (BMS) sastoji se od centralnog upravljačkog nadzornog modula i 8 modula s aktivnim balanserima za svaku ćeliju instaliranih na pojedinom baterijskom bloku (Slika 10). Ovi moduli su međusobno povezani putem iste RS 485 komunikacijske sabirnice.

Glavni upravljački nadzorni modul povezan je s Pegasus kontrolerom preko CAN sabirnice i služi kao sučelje između pojedinačnih BMS modula na baterijskim blokovima i upravljačkog nadzornog sustava pretvaračkog sustava te ujedno upravlja zaštitnim krugovima baterijskog niza (Slika 11).



Slika 10. BMS modul sa balanserima za jedan blok



Slika 11. Pegasus kontroler

Amber sistemska nadzorna kontrolna jedinica (Slika 12) je korisničko sučelje za lokalno i daljinsko upravljanje sustavom za pretvorbu energije (engl. Power Conversion System (PCS)). Njegova se funkcionalnost može u potpunosti prilagoditi svakoj primjeni napajanja. Omogućuje vizualizaciju sustava i izradu korisničkih skripti za optimalan i potpuno autonoman rad elektroenergetskog sustava u svakoj situaciji za svaku energetska primjenu.



Slika 12. Amber sistemska nadzorna kontrolna jedinica

Jedinica za nadzor i upravljanje podržava niz protokola i sučelja za povezivanje sustava EMS najšireg spektra proizvođača softvera. Kontroler sustava EW107, koji se ugrađuje u vrata ormara sustava napajanja, ima 7" zaslon osjetljiv na dodir.

4. ZAKLJUČAK

Zakonodavstvo EU, uredbe i direktive, neposredno utječu na zakonske i podzakonske akte u Sloveniji i Hrvatskoj na području promicanja uporabe energije iz obnovljivih izvora (Direktiva (EU) 2018/2001) [1] te o energetska učinkovitosti (Direktiva (EU) 2018/2002).

Pregled razvojnih i investicijskih napora brojnih sudionika u Sloveniji (regulator, TSO, DSO, industrija, investitori, privatne tvrtke) potvrđuje, da zahvaljujući financijskim izvorima iz EU i slovenskih fondova te privatnih inicijativa potvrđuje da regulacija na tržištu električne energije uspješno promovira uporabu novih tehnologija.

Na području integracije baterijskih sustava za skladištenje električne energije u Sloveniji može se zaključiti da već postoje tehnološka rješenja velikih i manjih sustava, od instalacija priključenih na prijenosnu i distribucijsku mrežu, koja su pokazala zrelost tehnologije te uporabu na segmentu doprinosa regulaciji frekvencije i napona, povećanja kvalitete napona i pouzdanosti napajanja, kompenzacije jalove energije, upravljanja kvalitetom napona na sučelju prema prijenosnoj mreži i drugo.

Uspješno je realiziran razvojno pilotski projekt pod nazivom AMBER, koji je ugrađen u TP Gimnazija Velenje s ciljem rezanja vršne snage odnosno balansiranja energije na sučelju na niskonaponskoj strani TP u koju je uključeno više malih SE. Razvoj je rezultat zahtjeva distribucije Elektro Celje i suradnje konzorcija više specijaliziranih tvrtki, koje su vlastitim znanjem razvile u potpunosti prvi slovenski baterijski sustav za skladištenje električne energije.

5. LITERATURA

- [1] Direktiva (EU) 2018/2001 Europskog parlamenta i Vijeća od 11. prosinca 2018. o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora.
- [2] Direktiva (EU) 2018/2002 Europskog parlamenta i Vijeća od 11. prosinca 2018. o izmjeni Direktive 2012/27/EU o energetska učinkovitosti.
- [3] Energetski zakon (Uradni list RS, št. 79/99, št. 27/07 – uradno prečišćeno besedilo, 70/08, 22/10, 10/12, 94/12 – ZDoh-2L in 17/14 – EZ-1).

- [4] Energetski zakon (EZ-1) (Uradni list RS 60/19 - uradno prečiščeno besedilo 65/20 158/20 - ZURE 121/21-ZSROVE 172/21-ZOEE 204/21 - ZOP 44/22 - ZOTDS Neuradno prečiščeno besedilo akta).
- [5] Zakon o oskrbi z električno energijo (ZOEE) (Uradni list RS 172/21).
- [6] Zakon o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije (ZSROVE) (Uradni list RS 121/21 189/21 121/22 - ZUOKPOE Neuradno prečiščeno besedilo akta).
- [7] Zakon o učinkoviti rabi energije (ZURE) (Uradni list RS 158/20).
- [8] Akt o metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje (Uradni list RS, št. 146/22 in 161/22).
- [9] <https://cordis.europa.eu/programme/id/FP7>
- [10] <https://www.project-increase.eu/index.html>
- [11] M. Jerele, A. Vilman, M. Kržišnik, S. Golob, „Integracija tehnoloških podsistemov za izvedbo demonstracijskih projektov v Elektro Gorenjska d.d.“, 13. konferenca slovenskih elektroenergetikov (CIGRE-CIRED), Maribor, Slovenija, 22.5. – 24.5.2017.
- [12] M. Jerele, A. Vilman, „Pametne skupnosti – nizkonapetostna omrežja prihodnosti, Primeri tehnoloških rešitev zagotavljanja kakovosti napetosti v NNO“, 5. strateška konferenca elektrodistribucije „Distribucijska omrežja nosilec prehoda v nizkoogljično družbo“, Rogaška Slatina, Slovenija, 3.4.2019.
- [13] https://cinea.ec.europa.eu/programmes/horizon-europe/h2020-programme_en#horizon-2020
- [14] <https://horizon2020-story.eu/>
- [15] A. Vilman, M. Jerele, „Vgradnja Li-Ion hranilnika električne energije v nizkonapetostna omrežja z veliko razpršene proizvodnje“, 14. konferenca slovenskih elektroenergetikov (CIGRE-CIRED), Laško, Slovenija, 21.5. – 23.5.2019.
- [16] <https://www.eles.si>
- [17] <https://www.sincrogrid.eu/>
- [18] <https://www.eles.si/nedo-project>
- [19] <https://www.greenswitchproject.eu/>
- [20] <https://main.compile-project.eu/about/>
- [21] J. Škare, H. Divić, „Usporedba različnih tehnologija pohrane električne energije“, 7.(13.) savjetovanje HO CIRED, Šibenik, 24. - 27. lipnja 2021.
- [22] K. Dundović, N. Holjevac, R. Čučić, M. Zidar, Ž. Sokodić, I. Kuzle, „Primjena nove tehnologije baterijskih spremnika električne energije u distribucijskoj mreži“, 7.(13.) savjetovanje HO CIRED, Šibenik, 24. - 27. lipnja 2021.
- [23] N. Holjevac, M. Zidar, K. Mikulić, I. Kuzle, J. Kožar, R. Čučić, „Tehno-ekonomska analiza i optimizacija spremnika energije u distribucijskoj mreži“, 14. savjetovanje HRO CIGRÉ, Šibenik, 2019.
- [24] I. Đurić, T. Marijanić, J. Škare „Baterijski spremnici električne energije u distribucijskoj mreži“, 6.(12.) savjetovanje HO Cired, Opatija, 2018.
- [25] I. Čolović, J. Škare i N. Mileusnić, „Prilagodba statičkog frekvencijskog pretvarača niskog napona KONVert za pohranu električne energije“, 13. savjetovanje HRO CIGRÉ, Šibenik, 2017.
- [26] Z. Zbunjak, H. Pandžić, H. Bašić, I. Kuzle, „Integracija baterijskog spremnika energije u EES za osiguranje n-1 kriterija sigurnosti“, 13. savjetovanje HRO CIGRÉ, Šibenik, 2017.
- [27] M. Ivančič, „Elektro Celje predstavilo prvi baterijski sistem slovenskega proizvajalca integriranega v distribucijsko omrežje Elektra Celje“, Izjava za javnost, Celje, listopad 2021.
- [28] Dokumentacija AMBER (Razvojna dokumentacija, Glavni projekt, Projekt izvedenih radova i drugo), C&G d.o.o. Ljubljana, 2020. – 2022.